K-UTEC
SALT TECHNOLOGIES

TÜV CERT ISO 9001 ... 00 1022

Stellungnahme zur Präsentation

„Plausibilitätsprüfung der Projektidee: Eindampfen von 6,8 Mio. m³ Salzwässern / Produktion von Kaliumsulfat“

Vorgestellt im Rahmen des Expertengespräches vom 09.12.2013 von Dr. L. Waldmann und Dr. M. Eichholz, K+S Gruppe

- überarbeitet am 17.01.2014 -

Empfänger:

Runder Tisch
„Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion"
Parkstraße 34
34119 Kassel

Verfasser:

K-UTEC AG Salt Technologies
Am Petersenschacht 7
99706 Sondershausen

Sondershausen, den 17. Januar 2014

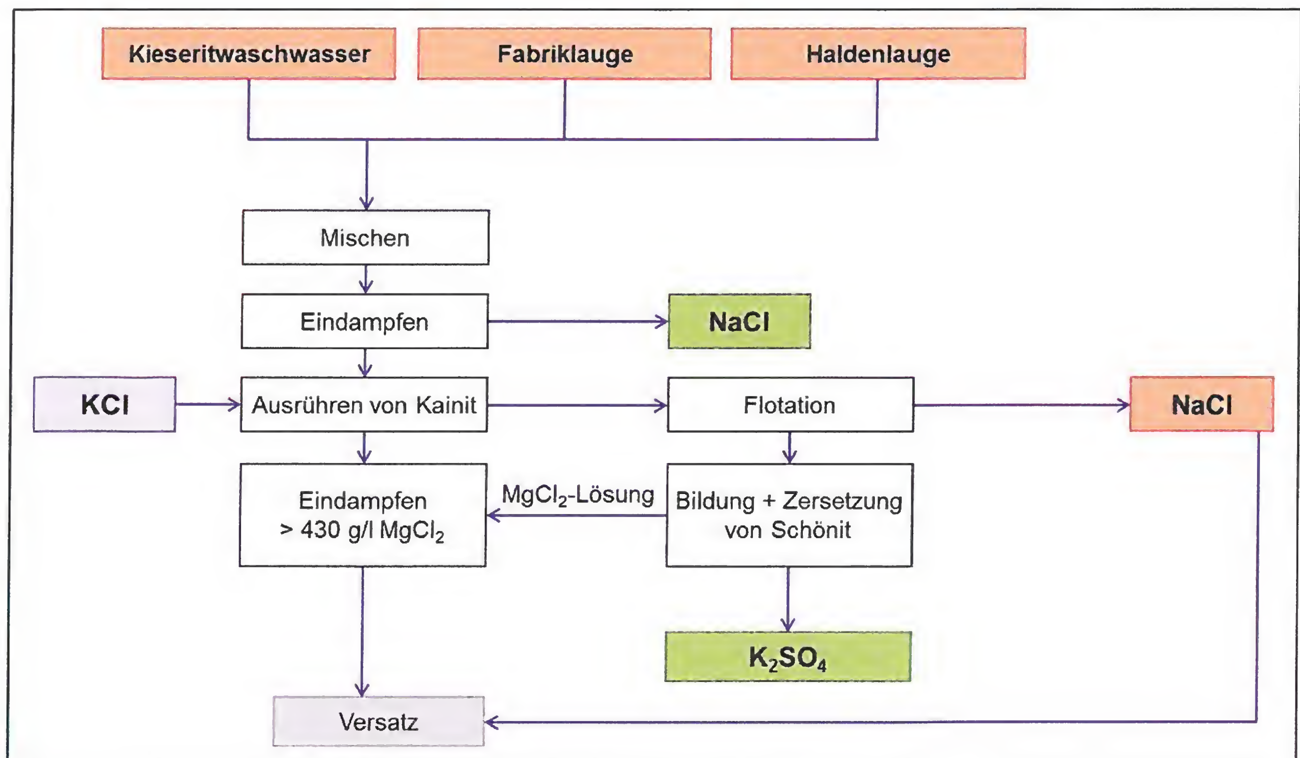
Dr. Heiner Marx
Vorstandsvorsitzender

Dr. Heinz Scherzberg
Senior Chemiker

Vorbemerkung

Bei Wirksamkeit der am Runden Tisch vereinbarten und durch die K + S KALI GmbH umgesetzten Maßnahmen zur Verringerung der Salzbelastung von Werra und Weser werden sich die verbleibenden Abstoßlösungen hinsichtlich Quantität und Qualität verändern. Basierend auf dem für die Standorte Hattorf, Wintershall und Neuhof-Ellers ab 2016 prognostizierten Salzwasseranfall hat die K-UTEC AG eine Grundkonzeption für eine rückstandsfreie Aufbereitung der verbleibenden Laugen erarbeitet. Im Zuge der Bearbeitung ergaben sich drei mögliche Prozessvarianten, die als Variante A, B und C bezeichnet wurden. Eine Beschreibung des Aufbereitungskonzeptes ist dem vorliegenden Dokument als Anhang 1 beigefügt. Das Versatzkonzept ist in Anhang 2 erläutert.

Das Konzept wurde im Rahmen der 22. Sitzung des Runden Tisches am 24.09.2013 in Beverungen [1] vorgestellt und im Nachgang durch die K+S einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Die Ergebnisse dieser Prüfung wurden im Rahmen des am 09.12.2013 in Kassel durchgeführten Expertengespräches vorgestellt. Die Präsentation mit dem Titel „Plausibilitätsprüfung der Projektidee: Eindampfen von 6,8 Mio. m³ Salzabwässern / Produktion von Kaliumsulfat“ [2]. Die Prüfung bezieht sich ausschließlich auf die Variante A, in der Kaliumsulfat und Siedesalz als verkaufsfähige Produkte erzeugt werden. Diese ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



[1] Marx, H.; Kaps, S.; Scherzberg, H.; Bach, J.: Überlegungen zur Aufbereitung der Abstoßlösungen des Werkes Werra. Vorgestellt zur 22. Sitzung des Runden Tisches am 24.09.2013 in Beverungen. –Sondershausen: K-UTEC AG Salt Technologies; 09/ 2013

[2] Waldmann, L.; Eichholtz, M.: Plausibilitätsprüfung der Projektidee „Eindampfen von 6,8 Mio. m³ Salzabwässern / Produktion von Kaliumsulfat“. Vorgestellt zum Expertengespräch des Runden Tisches am 09.12.2013 in Kassel. –Kassel: K+S Gruppe; 12/2013

Nachfolgend wird die von K+S für die Variante A durchgeführte Plausibilitätsprüfung bezogen auf wichtige Kernaussagen durch die K-UTEC AG kommentiert und bewertet.

Folie 8: Hypothetischer Prozess Teil 3

Folie 9: Massen- und Energiebilanz

1. Nach Berücksichtigung und Einbindung der 333.000 m³ E-Lösung von Wintershall besteht zwischen den Annahmen von K+S und der K-UTEC AG prinzipiell eine gute Übereinstimmung hinsichtlich der eingeführten Salzmengen in den Abstoßlösungen, der zu verdampfenden Wassermenge und der für den Versatz vorgesehenen $MgCl_2$-Restlösung. Ebenso identisch sind die Mengen an produzierbarem Kaliumsulfat (550.000 t/a; entspricht 293.000 t/a K_2O).

   Die durch K-UTEC AG überarbeitete Massenbilanz ist als Anhang 3 beigefügt.

2. Basierend auf den stöchiometrischen Verhältnissen sowie den in der Patentliteratur (siehe Anhang 6) resultierenden Endlaugen des Schönit-Prozesses wird durch die K-UTEC AG der erforderliche Bedarf an zuzuführendem Kaliumchlorid niedriger errechnet. Gegenüber den von K+S angegeben 140 kt/a K60 sind nach K-UTEC AG nur 120 kt/a K60 erforderlich (siehe Anhang 3).

3. Die von K+S angenommene Versatzmenge von 3.000 kt/a eingedampfter $MgCl_2$-Restlösung und 1.000 kt/a NaCl wird nur dann erreicht, wenn keine Vermarktung von Natriumchlorid erfolgt. Das nach der ersten Eindampfstufe in einer Reinheit von > 99 % und in einer Menge von 572 kt anfallende Siedesalz soll nach dem Konzept der K-UTEC AG vermarktet und nicht zusammen mit dem verunreinigten Salz aus der Reinigungsflotation des Kainits in den Versatz eingebracht werden. Dadurch reduziert sich die nach unter Tage zu verbringende Versatzmenge auf 3.679 kt (inklusive des notwendigen Bindemittels). Siehe Massenbilanz Anhang 3.

4. Als Versatzlösung wird die aus der Endeindampfung stammende $MgCl_2$-Lösung in sogenannter Edelsolequalität (450 bis 460 g/l $MgCl_2$ + 24 g/l $MgSO_4$) zusammen mit der aus der Kaliumsulfatherstellung stammenden, etwas geringer konzentrierten Lösung (414 g/l $MgCl_2$ + 56 g/l $MgSO_4$ gemäß Patentliteratur [1]) gemischt. Dem Lösungsgemisch wird in einem Durchlaufmischer das Salz aus der Reinigungsflotation des Kainits sowie Bindemittel auf reiner CaO-Basis oder in Form CaO/MgO-haltiger Reststoffe in der von der gewünschten Festigkeit abhängenden Menge zugegeben. Mit einer 5 %-igen Zugabe wird ein ortsstabiler, nicht tragender Formkörper erhalten.

5. Die für den Prozess erforderlichen, aus einem Erdgaskraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung ganzjährig zu liefernden, thermischen und elektrischen Energiemengen für den Verarbeitungs-

prozess sind nach Ansicht von K-UTEC AG nicht so hoch wie von K+S angegeben. Laut Massenbilanz von K+S sind jährlich 5.200 kt Wasser zu verdampfen, nach der von K-UTEC AG aufgestellten Massenbilanz nur 5.063 kt. Dafür sind nach dem Stand der Technik 0,40 t Prozessdampf pro Tonne verdampftes Wasser bei einer dreistufigen Eindampfung notwendig [3]. Die nutzbare thermische Energie von 1 Tonne Prozessdampf (Niederdruckdampf, ca. 3 bar, 140°C) beträgt 630 kWh/t, entsprechend 2.260 MJ/t. Daraus ergibt sich ein Bedarf an thermischer Energie von $0{,}40 \cdot 5.200 \cdot 0{,}63 = 1.310$ GWh/a (nach K+S) bzw. 1.276 GWh/a (nach K-UTEC AG). Die in der Plausibilitätsprüfung von K+S angegebene Wärmenergie von 2.000 GWh/a ist damit deutlich zu hoch angenommen worden. Realistisch erscheint ein Maximalverbrauch von 1.500 GWh/a, also 75 % des von K+S angegebenen Wertes.

Welcher Eigenverbrauch an Elektroenergie angenommen werden sollte, kann nur durch eine genauere Betrachtung der erforderlichen Antriebe in einer späteren Bearbeitungsphase an einem festzulegenden Standort geklärt werden. Der von K+S angenommene Verbrauch von 300 GWh/a erscheint vergleichsweise hoch (40 Megawatt durchschnittliche Leistung). Es ist zu berücksichtigen, dass für die Aufbereitung der Lösungen weder eine Zerkleinerung noch eine Vermahlung mit nachfolgender Verlösung des Rohsalzes erforderlich sind. Darüber hinaus fallen beim Versatz keine Kosten für Laugenrückführung und Laugenhebung von untertage nach über Tage wie beim klassischen Spülversatz an. Für den Eigenbedarf an Strom werden nach K-UTEC AG 150 GWh/a elektrische Energie benötigt. Diese Annahme resultiert aus der Hochrechnung von zwei durch K-UTEC AG geplanten Anlagen in Indien (zurzeit im Bau befindlich) und Peru (siehe Anhang 5) zur Herstellung von Kaliumsulfat unter Nutzung der Kainit/Schönit-Prozessroute. Die gleiche Prozessroute wird auch im vorliegenden Fall zur Aufbereitung der bei K+S ab 2016 anfallenden Abstoßlösungen benutzt. Um den Ungenauigkeiten in der aktuellen Bearbeitungsphase Rechnung zu tragen, ist das GT-Kraftwerk so ausgelegt, dass im Bedarfsfall 200 GWh/a Elektroenergie bereitgestellt werden können.

In Anhang 4 sind zum Vergleich die Elektroenergieverbräuche der Südharz-Kaliwerke Sondershausen, Bischofferode und Roßleben (bis 1993) zusammengestellt. Danach liegt der Energiebedarf pro Tonne K_2O bei 535 kWh, 335 kWh bzw. 442 kWh. Bei den von K-UTEC AG angesetzten 150 GWh/a ergibt sich ein Energiebedarf von 512 kWh/t K_2O. Demgegenüber führen die von K+S angegebenen 300 GWh/a zu einem Wert von 1.024 kWh/t K_2O.

Mit diesen neuen Festlegungen verringert sich der Bedarf an Erdgas von 3.200 GWh/a auf etwa 1.700 GWh/a. Damit verringert sich auch der CO_2-Ausstoß proportional (s. Tabelle 2).

---

[3] Burmeister, R.: Vakuumkühlanlage – Anlagen zur Kühlung wässriger Salzlösungen zum Lösungsmittelentzug und zur Kristallisation. –Lehrbogen für die berufliche Qualifizierung der Werktätigen im Bereich des VEB Kombinat Kali. –VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig. S. 53-54; VLN 152-915/108/80 – LSV 3162

Folie 10: Standort im Werratal

Der von K+S angegebene Flächenbedarf von 46 ha ist nicht nachvollziehbar. Die Anlage zur Salzwasseraufbereitung benötigt selbst bei Realisierung an einem zentralen Standort nach Einschätzung der K-UTEC AG nicht mehr Platz als eine konventionelle Saline. Die Prozessanlage selbst erfordert ebenfalls weniger Platz als eine normale Kalifabrik, da Rohsalzschuppen, Rohsalzvermahlung sowie Rohsalzverlösung entfallen.

Zum Vergleich sei angeführt, dass die Betriebsfläche der Saline Ebensee/Österreich inklusive Laugenaufbereitung, Eindampfkristallisation und Kaliumsulfatherstellung einschließlich aller Nebenanlagen, Werkstätten, Produktschuppen, Produkthochregallager, Labor und Verwaltung sowie aller Fahrwege, Werksstraßen, Parkplätze, Grünflächen etc. bei einer vergleichbaren Produktionsmenge nur 9,9 ha umfasst. Aus diesem Grund wird für die Gesamtanlage ein Bedarf von 15 Hektar angenommen.

Folie 11: Investitionsschätzung

Folie 12: Beispiele für Investitionskostenschätzung

In der Plausibilitätsbetrachtung von K+S werden pauschal und ohne nähere Spezifizierung Investitionskosten von 1,6 Milliarden Euro angegeben.

Vor dem Hintergrund eigener Kostenschätzungen, die innerhalb der letzten vier Jahre im Rahmen von Planungsarbeiten für Kaliumsulfatanlagen unter Nutzung des Kainit/Schönit-Prozesses in Indien bzw. Peru erarbeitet wurden, erscheint dieser Investitionsansatz deutlich überhöht. Basierend auf realistischen Hochrechnungen, Eigenschätzungen und Gutachten wurden daher die für eine nach Prozessvariante A arbeitende zentrale Aufbereitungsanlage erforderlichen Investitionen durch K-UTEC ermittelt. Danach ergibt sind eine Investitionssumme von nur 528.220 T€. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Investitionskostenschätzung für Variante A (zentrale Aufbereitungsanlage); nach K-UTEC AG

Pos.	Investition	Kosten	Referenz
1.	Grundstück / Erschließung (15 ha)	4.500 T€	Saline Austria, Österreich (30 €/m²)
2.	Verbundleitung / Stapeltanks	35.000 T€	Preisbasis Nordseeleitung; Stapeltanks: Vinachem, Laos (2014)

Pos.	Investition	Kosten	Referenz
3.	Dickstoffversatzanlage (siehe Anlage 2)	63.600 T€	Hochrechnung Preisbasis Mittelwerte von zwei Versatzanlagen für Dickstoffe in Deutschland (300 kt Versatz a 5.200 T€)
4.	Anbindung KCl-Einfuhr	in Pos. 2. enthalten	
5.	EDA 1 (6 Linien) EDA 2 (2 Linien) VKA 3-stufig (2 Linien) Kühlsystem Flotation (2 Linien)	97.500 T€ 22.500 T€ 6.250 T€ 14.000 T€ 6.250 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru Vinachem, Laos (2014); Angebote Fa. Ebner
6.	KNZ-Anlage	3.600 T€	Hochrechnung Preisbasis Sinohydro, Laos (2009/2010)
7.	SOP-Produktion	69.000 T€	Hochrechnung Preisbasis ARCHEAN, Indien (2009-2012); Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013)
8.	Trocknung	15.000 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013)
9.	Kompaktierung	20.000 T€	Hochrechnung Preisbasis ARCHEAN, Indien (2009-2012); Angebot Fa. Köppern
10.	2 Schuppen (je 60.000 t)	36.000 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013)
11.	Verladung	12.000 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013)
12.	Sozialgebäude u. Straßen	9.000 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013)
13.	Labor, Magazin, Werkstätten	9.000 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013)
14.	Bahn / Logistik	9.000 T€	Eigeneinschätzung K-UTEC AG
15.	GT-Kraftwerk *) (200 GWh/a Elektroenergie + 275 GWh/a Dampf)	24.000 T€	Gutachten Prof. Quicker [4] Info Firma Siemens [5]
16.	Dampferzeuger *) (1.225 GWh/a Dampf)	24.000 T€	Hochrechnung Preisbasis SALSUD, Peru (2010 - 2013); Angebot VKK Standardkessel
17.	Sonstiges; inkl. Kosten Engineering und Genehmigung (10 % von 1. – 16.)	48.020 T€	Eigeneinschätzung K-UTEC AG
Summe Investitionskosten		**528.220 T€**	

*) Es wird von einer einfachen Prozessdampferzeugung mittels Dampferzeuger ausgegangen; der Eigenverbrauch an Strom wird durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. In diesem Fall entfällt der Verkauf von überschüssig erzeugtem Strom.

[4] Quicker, P.: Entsorgung von Kaliabwässern durch Eindampfung. Evaluierung eines alternativen Entsorgungsszenarios für Kaliabwässer der K+S KALI GmbH. –Aachen: Qonversion – sustainable energy; Juli 2013

[5] http://www.energy.siemens.com/hq/defossile-stromerzeugung/gasturbinen/sgt-750.htm; Stand: Januar 2014

Nach Planung der K-UTEC AG ist für die Elektroenergieversorgung ein GT-Kraftwerk mit einer installierten Leistung von 26,7 MW und 7.500 Betriebsstunden vorgesehen. Basierend auf Angaben von Siemens, übermittelt durch Prof. Quicker [6], wurde für die Kostenermittlung ein Preis pro installierter Leistung von 560 €/kW angesetzt. Zuzüglich 9 Mio. € für Bau und Montage ergeben sich damit Investitionskosten von etwa 24 Mio. € (siehe Tabelle 1). Dies entspricht einem Preis pro installierter Leistung von 900 €/kW.

Demgegenüber setzt K+S für die Installation eines GuD-Kraftwerkes mit Energieanbindung und einer installierten Leistung von 125 MW Investitionskosten von ca. 370 Mio. € an [2]. Daraus ergibt sich ein Preis pro installierter Leistung von 2.960 €/kW. Nach DENA (Deutsche Energie-Agentur) entspricht dies den spezifischen Kosten je installierter Leistungseinheit eines Atomkraftwerkes [7].

Folie 13: Betriebskostenschätzung

Bezüglich der Betriebskostenabschätzung bestehen zwischen den Annahmen von K+S und der K-UTEC AG deutliche Unterschiede, welche letztendlich zu einer Differenz von 169,7 Mio. € führen. In Tabelle 2 sind die unterschiedlichen Annahmen sowie die sich daraus ergebenden Betriebskosten gegenübergestellt. Es wurden 7.500 Betriebsstunden angesetzt. Aufbereitungshilfsmittel, Anlagenersatz, administrative Kosten, Finanzierungskosten sind nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Betriebskostenschätzung für Variante A; nach K+S und K-UTEC AG

Bezeichnung	Preis pro Einheit	Verbrauch / pro Jahr		Betriebskosten / pro Jahr	
		K+S	K-UTEC AG	K+S Mio. €	K-UTEC AG Mio. €
Gas	34 €/MWh	3.200 GWh	1.700 GWh	110	57,8
CO_2-Zertifikate	4,5 €/t CO_2	670 kt	356 kt	3	1,6
KCl-Zukauf	300 €/t	140 kt	---	46	---
	120 €/t*)	---	120 kt**)	---	14,4
Bindemittel	5 % MgO (300 €/t)	150 kt	---	45	---
	5 % CaO***) (85 €/t)	---	161 kt		13,7
Versatzkosten	12 €/t	4.000 kt	---	48	---
	8 €/t	---	3.679 kt		29,3
Instandhaltung	3 % der Investkosten	1.600 Mio. €	528,2 Mio. €	48	15,8

[6] Quicker, P.: Schriftliche Mitteilung an Dr. Marx, eMail vom 16.01.2014
[7] Zahoransky, R. A.: Energietechnik. Systeme zur Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf. 4. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag; 2009

Bezeichnung	Preis pro Einheit	Verbrauch / pro Jahr		Betriebskosten / pro Jahr	
		K+S	K-UTEC AG	K+S Mio. €	K-UTEC AG Mio. €
Personalkosten		340	300	20	17,7
Summe Betriebskosten				**320**	**150,3**

*) Wert aus Potash Cost Report von British Sulfur Consultants Confidential
**) bezogen auf K60
***) bezogen auf 3.210 kt $MgCl_2$-Lösung (siehe Anhang 3)

Die in der Tabelle dargestellten Abweichungen werden u. a. wie folgt begründet:

1. Gasbezug und CO_2-Zertifikate

   Der Bedarf an Erdgas vermindert sich von 3.200 GWh/a auf etwa 1.700 GWh/a, wenn man als realistischen Energiebedarf 1.500 GWh/a Prozessdampf und 200 GWh/a elektrische Energie ansetzt (s. o.). Mit diesen neuen Festlegungen verringert sich neben dem Bedarf an Erdgas auch der CO_2-Ausstoß proportional.

2. KCl-Zukauf

   Die Kostenbetrachtung von K+S beruht auf einem marktüblichen KCl-Einsatzpreis von 300 €/t. In dieser Preisgrößenordnung wird das verkaufsfertige Produkt an den Großdistributor abgegeben. Da jedoch für die Herstellung von Kaliumsulfat ein Halbfabrikat (Feuchtsalz) verwendet werden kann, entfallen die Kosten für Trocknung, Pressgranulierung und Vermarktung.

   Gemäß dem Gutachten zur Kostenentwicklung in der Kaliindustrie der British Sulfur Consultants werden bei K+S für die Herstellung von KCl 95 bzw. K60 (granuliert, getrocknet) Gestehungskosten von 135 €/t angegeben. Die oben genannten Verarbeitungsstufen, die bei der Verwendung eines Halbfabrikates entfallen, werden mit 15 €/t bewertet und vom Gestehungspreis abgezogen. Für die weiteren Betrachtungen wird daher von einem Gestehungspreis von 120 €/t ausgegangen.

3. Bedarf an Bindemittel und Versatzkosten

   Die von K-UTEC AG angesetzten Bindemittelkosten sind ebenfalls deutlich niedriger, da anstelle von 5 % des teuren Magnesiumoxids (MgO) das deutlich billigere Kalziumoxid (5 % CaO) oder MgO/CaO-haltige Reststoffe verwendet werden können. Dabei reagiert das in den CaO-haltigen Stoffen enthaltene Kalzium mit dem in der $MgCl_2$-Lösung enthaltenen Sulfat zu Gips, welcher zusätzlich zur Verfestigung beiträgt.

Die gewählte Versatzvariante ist ein Dickstoffversatz mit 3 Komponenten ($MgCl_2$-Lösung, Bindemittel, NaCl-Feststoff) ohne Rückführung der $MgCl_2$-Lösung. Das berechtigt zu der Annahme, dass die von K-UTEC AG angenommenen spezifischen Versatzkosten von 8 €/t realistisch oder evtl. sogar noch etwas zu hoch angesetzt sind, keinesfalls aber die von K+S angegebenen 12 €/t erreichen.

4. Personalbedarf

Die von K-UTEC AG für die Gesamtanlage (Prozess + Versatz) angesetzte Personenzahl von 300 ergibt sich aus den Hochrechnungen der deutschen Versatzanlagen sowie des im Peru-Projekt ermittelten Personalbedarf.

Basierend auf den durch die K-UTEC AG angesetzten Annahmen können die Betriebskosten nunmehr auf 150,3 Mio. € geschätzt werden und liegen damit deutlich unter den von K+S ermittelten 320 Mio. €.

Für die einzelnen Positionen ergeben sich gegenüber den Angaben von K+S folgende Reduzierungen:

Energie:	von	110 Mio. €/a	auf	57,8 Mio. €/a
CO_2-Zertifikate:	von	3 Mio. €/a	auf	1,6 Mio. €/a
KCl-Zukauf:	von	46 Mio. €/a	auf	14,4 Mio. €/a
Bindemittelkosten:	von	45 Mio. €/a	auf	13,7 Mio. €/a
Versatzkosten:	von	48 Mio. €/a	auf	29,3 Mio. €/a
Instandhaltung:	von	48 Mio. €/a	auf	15,8 Mio. €/a
Personalkosten:	von	20 Mio. €/a	auf	17,7 Mio. €/a

Folie 14: Erlösschätzung

Nach K+S soll neben dem Kaliumsulfat auch der im GuD-Kraftwerk überschüssig erzeugte Strom verkauft werden. Eine Vermarktung des aus der ersten Eindampfstufe resultierenden hochreinen Siedesalz (> 99 % NaCl) ist nicht vorgesehen.

Demgegenüber soll nach dem Konzept der K-UTEC AG neben dem Kaliumsulfat auch das hochreine Siedesalz als Produkt verkauft werden. Eine zusätzliche Vermarktung von überschüssig erzeugtem Strom ist nicht eingeplant, da dies bei den von K+S angesetzten Preisen (Gas 34 €/MWh;

Strom 35 €/MWh) und unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Energieumwandlung (η = 0,95) nicht rentabel ist (s. o.). Erlöse bei Annahme CaO/MgO-haltiger Reststoffe und deren Einsatz als Bindemittel sind bis dato nicht berücksichtigt, können aber zu einer Reduzierung der Versatzkosten und einer Erlössteigerung beitragen.

Die K-UTEC AG setzt für Kaliumsulfat einen Verkaufspreis von 400 €/t ab Werk (inklusive aller Kosten) an. Für das Siedesalz wird mit 55 €/t ein Preis unterhalb des momentan am Markt erzielbaren Preises für Streusalz oder auch Industriesalz angesetzt.

In Tabelle 3 sind die von K-UTEC AG ermittelten Erlöse denen von K+S gegenübergestellt. Bei dem von der K-UTEC AG vorgeschlagenen Produktspektrum liegt der Gesamterlös mit 251,5 Mio. € deutlich über den von K+S ermittelten 230 Mio. €.

Tabelle 3: Erlöse für Variante A; nach K+S und K-UTEC AG

Produkt	**Preis**	**Produktionsmenge / pro Jahr**		**Erlös / pro Jahr**	
		K+S	**K-UTEC AG**	**K+S** Mio. €	**K-UTEC AG** Mio. €
K_2SO_4	400 €/t	550 kt	550 kt	210*)	220
NaCl (> 99%)	55 €/t	---	572 kt	---	31,5
Strom	35 €/MWh	570 GWh	---	20	---
Summe Erlöse				**230**	**251,5**

*) Abzüglich Absatzkosten

Folie 15: Gewinnabschätzung

Bei dem von K+S gewählten Ansatz ergibt sich bei Erlösen von 230 Mio. €/a und Betriebskosten von 320 Mio. €/a eine Minusdifferenz von 90 Mio. €/a.

Bei dem durch die K-UTEC AG gewählten Ansatz kehrt sich das Resultat um. Bei Erlösen von 251,5 Mio. €/a und anfallenden Betriebskosten von 150,3 Mio. €/a kann ein jährlicher Gewinn von 101,2 Mio. € realisiert werden.

Folie 19: Plausibilitätsprüfung fällt negativ aus!

Wie man aus den bisherigen Ausführungen entnehmen kann, ergibt sich basierend auf den Hochrechnungen und Annahmen bzw. auch aus Gutachten, die im Konzept der K-UTEC AG enthalten und berücksichtigt worden sind, ein differierendes Bild zu der von K+S dargestellten

Situation. Basierend auf den in dieser Stellungnahme dargelegten Ausführungen kann nach Ansicht der K-UTEC AG dieses Ergebnis der negativen Plausibilitätsprüfung nicht bestätigt werden. Die Prüfung der Projektidee sollte über die nächsten Stufen der Projektevaluierung (Prefeasibility Study und Feasibility Study) unter zusätzlicher Integration der Varianten B und C fortgeführt werden.

Anhang

Anhang 1: Aufbereitungskonzept der K-UTEC AG

Bei Wirksamkeit der am Runden Tisch vereinbarten und durch die K + S KALI GmbH umgesetzten Maßnahmen zur Verringerung der Salzbelastung von Werra und Weser werden sich die verbleibenden Abstoßlösungen hinsichtlich Quantität und Qualität verändern. Basierend auf dem für die Standorte Hattorf, Wintershall und Neuhof-Ellers ab 2016 prognostizierten Salzwasseranfall hat die K-UTEC AG eine Grundkonzeption für eine rückstandsfreie Aufbereitung der verbleibenden Laugen erarbeitet.

Das Konzept der K-UTEC AG basiert auf einem Kainit/Schönit-Prozess. Die Abfolge der Prozessschritte ist in Abhängigkeit der Lösungszusammensetzung neuartig, die Einzelprozesse sind aber seit langem bekannt und bereits patentiert gewesen (siehe Anhang 6). Bei Realisierung dieses Konzeptes können, alle nach 2016 in den verbleibenden Abstoßlösungen noch enthaltenen Salzkomponenten entweder als Produkt verkauft (Kaliumsulfat , Siedesalz und variantenabhängig Natriumsulfat oder Schönit / K-Mg-Sulfat) oder durch Einbringen in Grubenhohlräume unter Verwendung von MgO- oder CaO-haltigen Additiven als selbsterhärtender Dickstoffversatz beseitigt werden. Damit arbeitet der Prozess der Lösungsaufbereitung abstoßfrei.

Jeder Einzelprozess entspricht dem Stand der Technik und beruht auf Prozessen, die langjährig erprobt, in der Patentliteratur beschrieben (z. B. Kaliumsulfatverfahren) und größtenteils bereits bei der K+S Gruppe in Anwendung sind.

Die anfallenden Salzlösungen können dezentral oder zentral aufbereitet werden. Bei der dezentralen Aufbereitung werden die an den Standorten Hattorf und Wintershall jeweils anfallenden Lösungen vor Ort als Gemisch verarbeitet. Die Haldenlösung von Neuhof-Ellers wird durch eine Fernleitung nach Wintershall überführt. Bei einer zentralen Aufbereitung werden alle Laugen an einen Standort überführt (z. B. in Merkers) und in einem Prozess gemeinsam aufbereitet. Im Konzept der K-UTEC AG ist sowohl die dezentrale als auch die zentrale Aufbereitung vorgesehen.

Durch das Mischen der Lösungen können Schwankungen ausgeglichen und ein konstantes Mengenverhältnis von Kalium zu Sulfat erreicht werden. Die resultierenden Mischlösungen zeichnen sich durch einen hohen Sulfatanteil aus, welcher als Rohstoffquelle für die Produktion von Kaliumsulfat genutzt wird. Unabhängig von der Standortfrage sind alle oben genannten Mischungen ähnlich zusammengesetzt, so dass dasselbe Verfahren zentral oder dezentral zur Anwendung kommen kann.

Der Grundprozess sieht folgende Verfahrensschritte vor:

1. Aufkonzentrierung der Mischlösungen durch Eindampfen (dreistufig)
2. Weiterverarbeitung der Kristallisate zu K_2SO_4 und variantenabhängige Nebenprodukte

3. Verkauf und/oder Versatz des anfallenden NaCl
4. Eindampfen der Restlösung auf > 430 g/l $MgCl_2$ und Versatz unter Zusatz von CaO-haltigen Additiven

Die für die Herstellung von Kaliumsulfat (K_2SO_4) aus Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) und Kaliumchlorid (KCl) erfordert eine durch die Stöchiometrie vorgegebene Relation von 2 Mol K zu 1 Mol SO_4. Dieses Verhältnis liegt in den Mischlösungen nur angenähert vor und muss korrigiert werden. Das geschieht zweckmäßig durch Zufuhr von Kaliumchlorid (Halbfabrikat) aus einer KCl-Fabrik (Variante A). Soll eine Zufuhr von zusätzlichem Kaliumchlorid vermieden werden, so lässt sich das erforderliche Verhältnis von Kalium zu Sulfat auch auf andere Weise in zwei weitern Prozessvarianten regulieren. Dies geschieht, indem das überschüssige Sulfat entweder als Natriumsulfat (Variante B) oder als Schönit / K-Mg-Sulfat (Variante C) ausgeführt wird. Auch die hierfür erforderlichen Teilprozesse (Tiefkühlung bzw. Schönitkristallisation mit nachfolgender Kalzinierung) sind Stand der Technik.

Beim Konzept der K-UTEC AG wird praktisch das gesamte Kalium als hochwertiges chloridfreies Kalidüngemittel als marktfähiges Produkt erhalten. Etwa zwei Drittel des gewonnenen NaCl haben marktübliche Qualität und können als Produkt verkauft werden. Das nicht verkaufsfähige NaCl ist zusammen mit der verbleibenden hochkonzentrierten $MgCl_2$-Lösung für den Versatz unter Tage vorgesehen (siehe Anhang 2). Weitere Prozessrückstände fallen nicht an.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine rückstandsfreie Aufbereitung der betrachteten Abstoßlösungen technisch möglich ist. Im nächsten Schritt sollte eine wirtschaftliche Bewertung des Grundprozesses sowie seiner Varianten erfolgen.

Anhang 2: Versatzkonzept der K-UTEC AG

Aufbau Versatzanlage festes Steinsalz und $MgCl_2$-Lösung

Konzeption

- Beginn des Versatzes schachtnaher Bereiche
- Aufbau einer Versatzanlage mit zwei Linien über Tage
- Betriebszeit: 7.500 Betriebsstunden pro Jahr; 24 h pro Tag
- Kapazität pro Linie: 490 t/a ≙ 250 t/h und Linie
- Herstellung eines pumpfähigen Versatzmaterials aus festem NaCl, konzentrierter $MgCl_2$-Lösung und einem Bindemittel auf der Basis von MgO, CaO bzw. $Ca(OH)_2$
- Abtrennung der Versatzorte vom bewirtschafteten Grubengebäude durch geeignete Dammbauwerke
- Transport des Versatzmaterials von über Tage über eine Schachtfallleitung und ein Rohrleitungssystem zum Einbauort
- Verfestigung des Versatzmaterials in Form eines ortsstabilen Lösungskörpers am Einbauort durch Bildung basischer Magnesiumchloridhydrate und ggf. Gips unter vollständiger Einbindung der Lösungsphase
- Art und Menge des Bindemittels werden entsprechend der zu realisierenden Verarbeitungszeiten der Versatzsuspension und den Anforderungen an die mechanische Stabilität des Versatzkörpers gewählt

Mengengerüst

- Auslegung auf einen Durchsatz von 3,7 Mio. t Versatzmischung (bestehend aus $MgCl_2$-Lösung, Steinsalz und inklusive 5 % Bindemittel bezogen auf $MgCl_2$)
- Suspensions- bzw. Versatzvolumen: 2,5 Mio. Kubikmeter bei einer Suspensionsdichte von 1,5 g/cm³

Hauptausrüstung

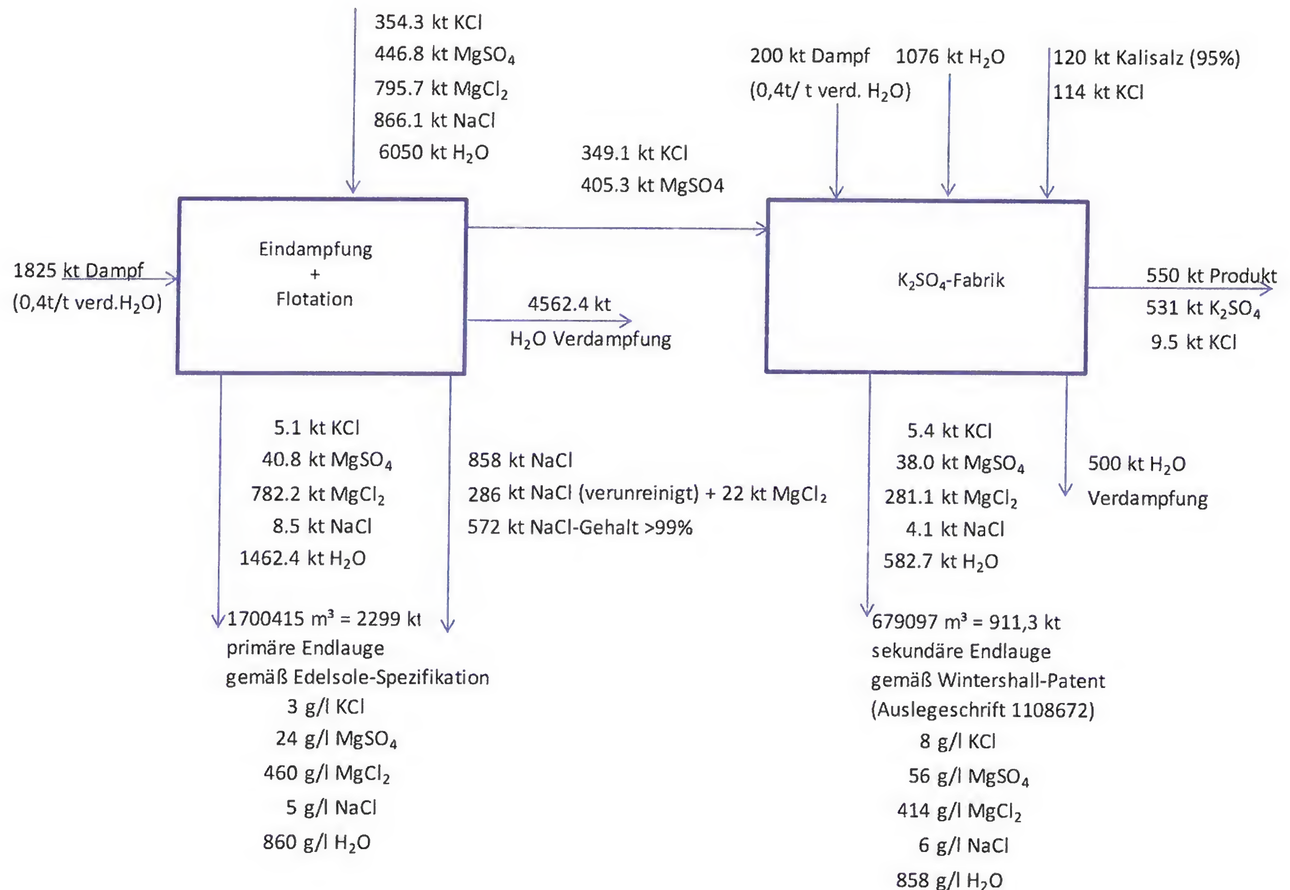
Die Versatzanlage über Tage sollte mindestens aus zwei gleichartigen Linien mit jeweils folgenden Hauptausrüstungen aufgebaut werden:

- Sammel- und Bereitstellungstanks für $MgCl_2$-Lösung
- Lagerboxen für Steinsalz
- Staubsilos für Bindemittel

- Durchlaufmischer
- Lösungsdosierung inklusive Zuführung (Pumpen, Leitungen)
- Dosierung und Zuführung des NaCl zum Mischer (Waage, Förderband etc.)
- Bindemitteldosierung gravimetrisch, Transport mittels Förderschnecke
- Vorlagebehälter mit Rührer
- Pumpen und Rohrleitungen zur Beförderung der Versatzsuspension zum Schacht sowie unter Tage zu den Versatzorten
- SPS-Anlagensteuerung und E-Ausrüstung

Zusätzlich sind die Kosten für Beton- und Stahlbau zu berücksichtigen.

Anhang 3: Massenbilanz K-UTEC AG - Variante A



Anhang 4: Elektroenergieverbrauch der Südharz-Kaliwerke

Nach LAMSTER [8] wird der Bedarf an Elektroenergie der Südharz-Kaliwerke Glückauf, Bischofferode und Roßleben inklusive Grubenbetrieb, Verarbeitungs- und Nebenanlagen sowie für eine Betriebszeit von 7.200 h/a wie folgt angegeben (bis 1993):

Werk Sondershausen:	Produktion:	ca. 222 kt/a K_2O bzw. 370 kt/a Fertigprodukt K60 [9]
	Energiebedarf:	118,85 GWh/a ≙ 16,5 MW
		≙ 535 kWh/t K_2O
	Eigenerzeugung:	20 MW
Werk Bischofferode:	Produktion:	ca. 350 kt/a K_2O bzw. 583 kt/a Fertigprodukt K60 [10]
	Energiebedarf:	117,08 GWh/a ≙ 16,3 MW
		≙ 335 kWh/t K_2O
	Eigenerzeugung:	10 MW
Werk Roßleben:	Produktion:	ca. 330 kt/a K_2O bzw. 825 kt/a Fertigprodukt Kamex [11]
	Energiebedarf:	145,78 GWh/a ≙ 20,25 MW
		≙ 442 kWh/t K_2O
	Eigenerzeugung:	16 MW

Mit den jeweils angegebenen Elektronenergiemengen wurde alles abgedeckt:

- Rohsalzgewinnung, Brecheranlagen unter Tage
- Schachtförderung, Wetterführung, Rohsalzmahlung, Rohsalz- und Produkttransport über Tage
- Heißlösebetrieb, Kühltürme, Vakuumkühlanlagen
- Haldenbetrieb, z. T. Spülversatz, Ascheverspülung
- Zusätzlich im Bergwerk Glückauf Eindampfanlage und Bromfabrik für 500.000 t/a $MgCl_2$-Edelsole

[8] Lamster, E: Zur Entwicklung der Energieanlagen. -In: Kali im Südharz-Unstrut-Revier. Band 1. –Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 116; Bochum, 2003
[9] Bartl, H.: Das Kaliwerk „Glückauf“ in Sondershausen. -In: Kali im Südharz-Unstrut-Revier. Band 2. –Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 116; Bochum, 2003
[10] Bartl, H.: Das Kaliwerk „Thomas Müntzer“ in Bischofferode. -In: Kali im Südharz-Unstrut-Revier. Band 2. –Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 116; Bochum, 2003
[11] Bartl, H.: Das Kaliwerk „Heinrich Rau“ in Roßleben. -In: Kali im Südharz-Unstrut-Revier. Band 2. –Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 116; Bochum, 2003

Anhang 5: Stellungnahme zum Projekt SALSUD, Peru

DSB INTERNATIONAL INC.
David Butts, Certified Chemical Engineer
3949 Sienna Dune Dr.
South Jordan, Utah 84095 Phone 801 878 3528



Salt of the Earth

August 23, 2013

To: Juan Carlos Burga
From: David Butts
Subject: Cañamac Solar Pond Project, Review of K-UTEC Basic Engineering Report of Area 100.
Design & Basic Engineering Pertaining the Erection and Operation of a Sulphate Potash Plant with an Annual Capacity of 100 000 Metric Tonnes SOP Based on Brine from Cañamac : Area 200 : SOP – Plant.

In the above subject report, K-UTEC shows the area needed to pre-concentrate brine in the salt ponds is 1267.2 hectors. The area needed in the mix pond and KTMS ponds is 796.5 hectors for a total of 2063.6 hectors. The basic data presented by K-UTEC has been reviewed, programmed, and modeled independently by DSB International. The DSB model shows a salt area of 1287.2 hectors and KTMS area of 876.8 hectors for a total of 2163.7 hectors; an agreement deviation of 4.85 percent from K-UTEC. Considering the complications of pond modeling, an agreement within 5 percent is considered a good agreement.

The DSB model uses evaporation rates calculated from evaporation and areas presented on page 62 of the K-UTEC report. Concentrations were taken from page 97 and 98. DSB assumes the data used in the model is correct, but Salsud's technical team is still gathering data to reinforce or update information.

Information in the report has been compile and equations, graphs, and charts are shown in a Standard Reference Package called SRP 2. This package is used in the DSB models and is used as a reference source. The SRP basis is data from the K-UTEC report

In addition to the model having K_UTEC data, another similar model has been made by DSB employing equations and the capability of adding variables. This will make it possible for the Salsud team to change variables and "what is analysis" to study sensitivities of various components.

DSB International's overall assessment of the pond and plant as described in their basic engineering reports Basic Engineering for an Integrated Plan to Produce SOP, MgO, DCP and Bromine in the Cañamac Area - Area 100: Brine Winning and Solar Evaporation System.

www.dsbinternational.com e-mail davidbutts@sisna.com

Ponds

According to the evaporation and chemistry shown in the K_UTEC report, the pond area appears adequate to produce 100,000 tons of SOP. This is shown and verified in the DSB model as explained above. This is not new technology. Large areas of lined ponds are used in many operations and are a proven technology. Production of potassium salts and harvesting of these salts over pond liners is also a proven technology and is used in large operations in the United States, Chile, and Argentina. Handling and stockpiling of mixed salts of potassium, magnesium, and sodium is also successful accomplished by many companies throughout the world.

Plant

Processing of refining mixed salts similar to the salts that will be made at the Cañamac site is also accomplished world wide. DSB International has worked with conversion of various mixed salts to SOP and MOP. While each plant has unique characteristics, the process proposed by K-UTEC appears reasonable and is basically consistent with proven process handling and production technology of same materials indicated in K-UTEC reports. The process does not employ any new, unproven unit operations or chemical reactions. Flotation shown in the process is proven technology and the conversion of kainite to schoenite and schoenite to SOP is also proven technology.

DSB International is not experienced in evaluating capital expense, CAPEX, but the overall plant process and unit operations look reasonable.

David Butts

www.dsbinternational.com e-mail davidbutts@sisna.com

Anhang 6: Relevante Patente

11/1961	DE 1 106 300	Henne; Ratsch / WINTERSHALL AG	Verfahren zur Herstellung von Kaliumsulfat
01/1962	DE 1 108 672	Henne; Ratsch / WINTERSHALL AG	Verfahren zur Herstellung von Kainit aus bei der Herstellung von Chlorkalium oder Kaliumsulfat anfallenden Mutterlaugen
08/1962	DE 1 22 931	Henne; Budan; Ratsch / WINTERSHALL AG	Verfahren zur Herstellung von Kaliumsulfat
08/1962	DE 1 22 930	Henne; Ratsch / WINTERSHALL AG	Verfahren zur Herstellung von Kaliumsulfat und hochprozentigem Chloralkalium
10/1963	DE 1 145 156	Henne; Budan; Ratsch / WINTERSHALL AG	Verfahren zur Herstellung von Kaliumsulfat durch Umsetzung von Kaliumchloridloesung mit Kalimagnesia
11/1963	US 3,110,561	Henne; Ratsch; Budan / WINTERSHALL AG	Process for the production of potassium sulphate
07/1964	DE 1 159 414	Henne; Ratsch / WINTERSHALL AG	Verfahren zur Herstellung von Kaliumsulfat
08/1965	US 3,203,757	Henne; Ratsch / WINTERSHALL AG	Process for the production of potassium sulphate